

## **SIMULASI PENYEBARAN POLUTAN DARI LETUSAN GUNUNG API SINABUNG DENGAN MENGGUNAKAN TAPM**

**Toni Samiaji**  
Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer  
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional  
Email : tonisamiaji@gmail.com

### **ABSTRAK**

Akhir-akhir ini beberapa gunung berapi di Indonesia sedang dalam keadaan aktif, salah satu diantaranya adalah gunung sinabung di Sumatera Utara. Menurut berita Harian Kompas tanggal 29 Agustus 2010 dampak letusan gunung berapi tersebut diantaranya adalah menurunkan kualitas udara dan jarak pandang di Bandara Polonia Medan yang mengganggu navigasi dan lalulintas udara di bandara tersebut. Inilah yang menjadi motivasi dan tujuan dilakukannya penelitian ini, yakni untuk mengetahui sebaran polutan yang dimuntahkan gunung tersebut. Untuk mengetahui sebaran polutan dari gunung tersebut, dibuat simulasi dengan menggunakan TAPM versi 3. Dari simulasi yang dilakukan selama 2 kali yakni tanggal 29 Agustus 2010 dan dari tanggal 4 hingga 6 September 2010, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa penyebaran polutan dari Gunungapi Sinabung pada tanggal 29 Agustus 2010 dan 4 September 2010 mengarah ke Timur Laut yakni ke arah Bandara Polonia, pada tanggal 5 September 2010 penyebaran polutan lebih luas daripada tanggal 4 September 2010, pada hari ke 3 yakni tanggal 6 September 2010 penyebaran gas SO<sub>2</sub> sudah surut sedangkan PM10 masih luas, kemudian deposisi PM10 dan gas SO<sub>2</sub> mempunyai pola yang berbeda.

Kata kunci: Simulasi, SO<sub>2</sub>, PM10, penyebaran, Gunungapi Sinabung

### **ABSTRACT**

*Lately several of the volcanoes in Indonesia are in the active state, one of them is Mount Sinabung in North Sumatra. According to the Daily Newspaper Kompas dated August 29, 2010 impact of eruption of the volcano is lowering air quality and visibility at Polonia Airport in Medan which interfere navigation and air traffic at that airport. Here it is the motivation and purpose of this study,*

*namely to determine the distribution of pollutants spewed by the volcano. To know the distribution of pollutants from the mountain, I made a simulation using TAPM version 3. From the simulations performed twice on August 29, 2010 and from 4 to 6 September 2010, it can be concluded that the spread of pollutants from Sinabung Volcano on August 29, 2010 and 4 September 2010 was leading to the Northeast i.e. toward the Polonia Airport, on September 5, 2010 the spread of pollutants is more extensive than the 4th of September 2010, on day 3 which is dated 6 September 2010 deployment of SO<sub>2</sub> gas was receding while the PM<sub>10</sub> is still widespread, and depositions of PM<sub>10</sub> and SO<sub>2</sub> gas had different pattern.*

*Key words: Simulation, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, spread, Sinabung Volcano*

## **1 PENDAHULUAN**

Letusan gunung berapi bisa menjadi masalah yang serius bila tak ditangani secara intensif. Masalah yang ditimbulkan adalah penyebaran asap, lahar dingin/panas, debu atau awan panas dan polutan lain baik berupa partikulat maupun gas. Debu dari letusan gunung api selain berakibat buruk bagi kesehatan juga akan mengotori kaca-kaca kendaraan, juga menutupi lahan pertanian warga sehingga puluhan hektar ladang organik bisa gagal panen. Debu dari letusan gunung api memiliki ukuran yang sangat kecil yakni kurang dari 10 mikron. Debu ukuran 10 mikron untuk selanjutnya disebut dengan PM<sub>10</sub>. Pada penelitian ini diambil gunung sinabung sebagai studi kasus. Gunung Sinabung yang terletak di Kabupaten Tanah Karo, Sumatera Utara yang meletus pada hari Ahad (29/8/2010) sekitar pukul 00.15 Waktu Indonesia Barat, telah mengakibatkan mengungsinya keseluruhan warga yang berada di sekitar kaki Gunung Sinabung ke arah kota Kabanjahe [Aloysius G.A.E., 2010]. Selain mengalirnya lava pijar sebagaimana yang diberitakan harian kompas tanggal 29 Agustus 2010, dampak lain yang ditimbulkan akibat meletusnya Gunung Sinabung adalah menurunnya kualitas udara sehingga mengganggu jarak pandang dan navigasi di Lapangan Terbang Polonia, sehingga Pesawat Merpatipun tidak mau ambil risiko [Arinto Tri Wibowo, 2010]. Kemudian tanggal 4 dan 5 September 2010 kembali Gunung Sinabung meletus [Badan Geologi, 2011].

Pada penelitian ini akan diteliti penyebaran PM10 dan gas SO<sub>2</sub> dari letusan Gunung Sinabung tanggal 29 Agustus 2010, kemudian tanggal 4 hingga 5 September 2010 dan pasca meletus yakni tanggal 6 September 2010 dengan menggunakan model.

Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat penyebaran beberapa polutan dari satu sumber misalnya gunungapi.

## 2 TINJAUAN PUSTAKA

Model yang digunakan pada penelitian ini adalah *The Air Pollution Model (TAPM)* versi 3 dari Csiro Australia. Model ini menggunakan metode beda hingga untuk menyelesaikan sederet persamaan diferensial baik yang biasa maupun yang parsial. Model ini untuk menentukan konsentrasi polutan dekat dengan sumber digunakan metode Lagrangian sedangkan untuk transportasi digunakan metode Euler. Ada 10 reaksi kimia yang digunakan pada model ini yang melibatkan SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, APM (Air particulate Matter), FPM (Fine Particulate Matter), radikal-radikal dan sebagainya. Model ini membagi daerah yang akan dimodelkan atas beberapa grid, yang mana 1 grid lebarnya dari 100 meter hingga 50 km, sedangkan jumlah grid bervariasi dari 1 hingga 200 buah. Karena model ini diperuntukkan untuk PC yang mana kemampuannya terbatas, maka model ini menggunakan time-step 5 menit [Peter J. Hurley, 2005].

Model TAPM ini bisa digunakan sebagai alat untuk mengkaji berbagai penyebaran polutan misalnya efek gedung terhadap dispersi polutan dari industri, hasilnya untuk simulasi dengan posisi cerobong sejauh 25 m dari sisi gedung yang berdimensi panjang 500 m, lebar 100 m, dan tinggi 40 m adalah konsentrasi pekat pada konsentrasi maksimum mengindikasikan terjadinya efek downwash yang terlihat pada ketinggian cerobong 40 hingga 80 meter, kemudian pada jarak cerobong terhadap gedung sejauh 25 meter, tinggi cerobong minimal yang aman untuk tidak terjadi downwash adalah 100 meter, sesuai dengan rekomendasi US-EPA [Sumaryati, 2006]. Selain itu ketika model ini digunakan untuk mengkaji perbedaan *mixing height* di daerah urban dan rural diperoleh bahwa pada umumnya *mixing height*, suhu, dan suhu potensial di daerah urban menunjukkan nilai

yang lebih tinggi dibandingkan dengan di daerah rural. Kenaikan mixing height maksimum selama empat hari simulasi rata-rata sebesar 57.14 % (untuk ketinggian 800 m) dan 34 % (425 m) untuk bulan Juli/ Agustus dan Desember berturut-turut. Begitupula untuk suhu, pada bulan Juli/ Agustus dan Desember terlihat kenaikan nilai sebesar 10% (untuk suhu 3.5°C) dan 9% (3°C). Hal ini diantaranya disebabkan oleh keadaan topografi urban itu sendiri atau yang dikenal dengan istilah "surface roughness", penataan kota, perubahan lahan (pemukiman, jalan, industri dsb.), yang terjadi di daerah urban [Iis S, 2006].

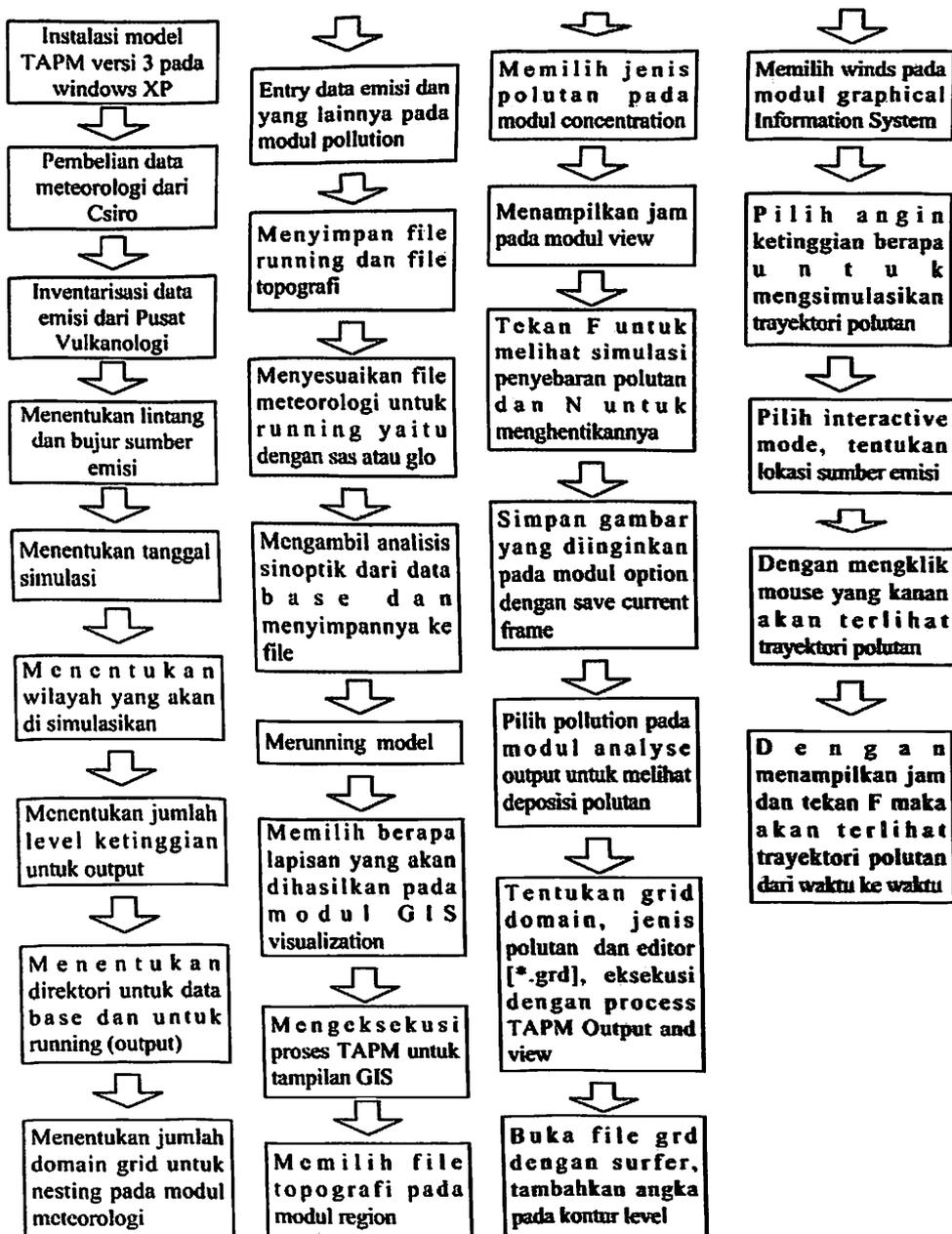
Selanjutnya karena penelitian ini diantaranya mengenai PM10, maka ada karakteristik PM10 yang perlu dikemukakan di sini yakni ketika kabut asap terjadi di Queensland Australia, konsentrasi PM10 adalah lebih besar dari 20 kali konsentrasi background dan besarnya berkurang sejalan dengan bertambahnya ketinggian secara eksponensial [Hamish A. McGowan dan Andrew Clark, 2008]. Kemudian yang mempengaruhi konsentrasi PM10 secara spasial dan temporal tidak hanya perbedaan arah dan kecepatan angin yang dominan, akan tetapi juga waktu untuk perpindahan masa udara yang berbeda [Lee BK et. al., 2006].

### **3 DATA DAN METODOLOGI**

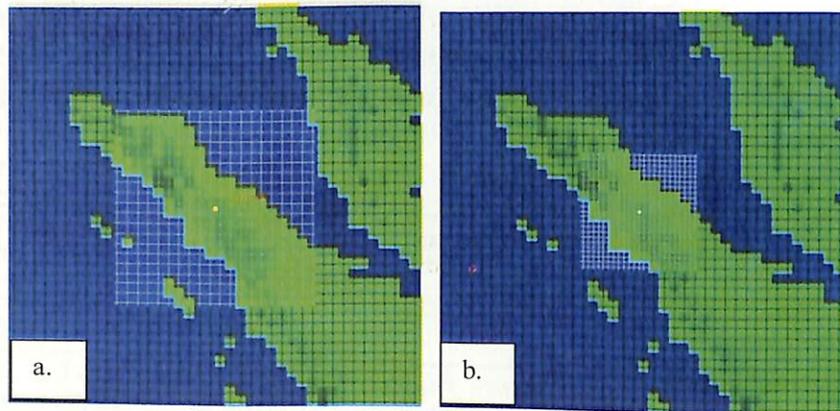
Untuk trayektori polutan dari Gunung Sinabung, data yang digunakan adalah data ketinggian tanah, tipe tanah dan tipe vegetasi, suhu permukaan laut dan data meteorologi yang semuanya ada dalam file \*.glo dari Csiro Australia. Tanda \* menunjukkan tanggal. Kemudian data emisi gas SO<sub>2</sub> hasil letusan Gunung Sinabung tanggal 4 dan 5 September 2010 dari Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi Bandung [Badan Geologi, 2011]. Sedangkan untuk tanggal 29 Agustus 2010 karena tidak ada data emisinya, maka digunakan data asumsi.

Metode pada penelitian ini adalah merunning model TAPM versi 3.0 yang secara sistimatikanya digambarkan pada Gambar 3.1. Running dilakukan 2 kali yakni tanggal 29 Agustus 2010 dan dari tanggal 4 hingga 6 September 2010. Running tanggal 29 Agustus 2010 adalah untuk membuktikan berita yang dimuat di

Harian Kompas tanggal 29 Agustus 2010, sedangkan running tanggal 4 hingga 6 September 2010 adalah untuk membuktikan ketakutan manajer Merpati Airline apakah terbukti atau tidak.



**Gambar 3.1** Bagan alur langkah kerja mensimulasikan penyebaran polutan dengan TAPM

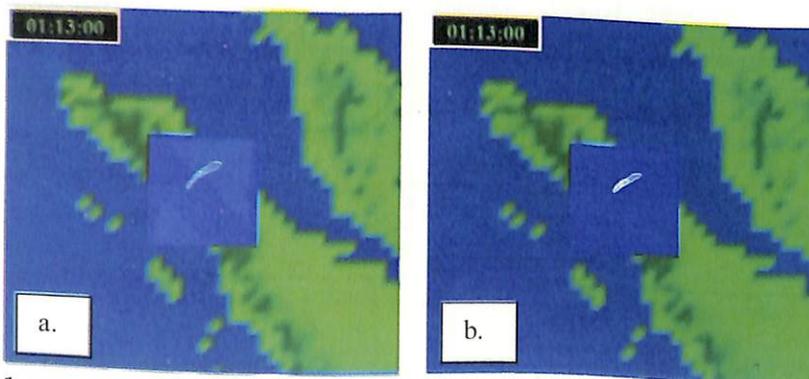


**Gambar 3.2** Lokasi Gunungapi Sinabung (titik berwarna kuning) di Sumatera Utara sedangkan Bandara Polonia berwarna oranye yang ada di sebelah timur laut Gunung Sinabung pada Gambar a merupakan domain untuk 4 - 6 September 2010, Gambar b domain untuk 29 Agustus 2010

#### 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

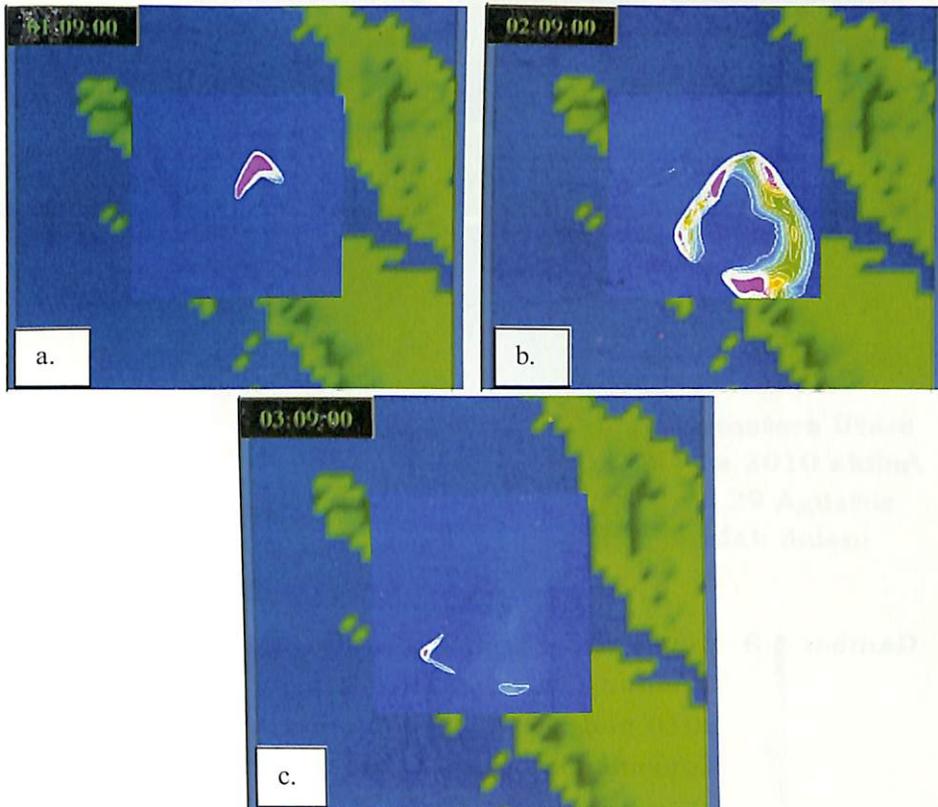
##### 4.1 HASIL

Sebagai hasil dari simulasi model TAPM, maka bisa dilihat Gambar 4.1 sampai dengan 4.6.



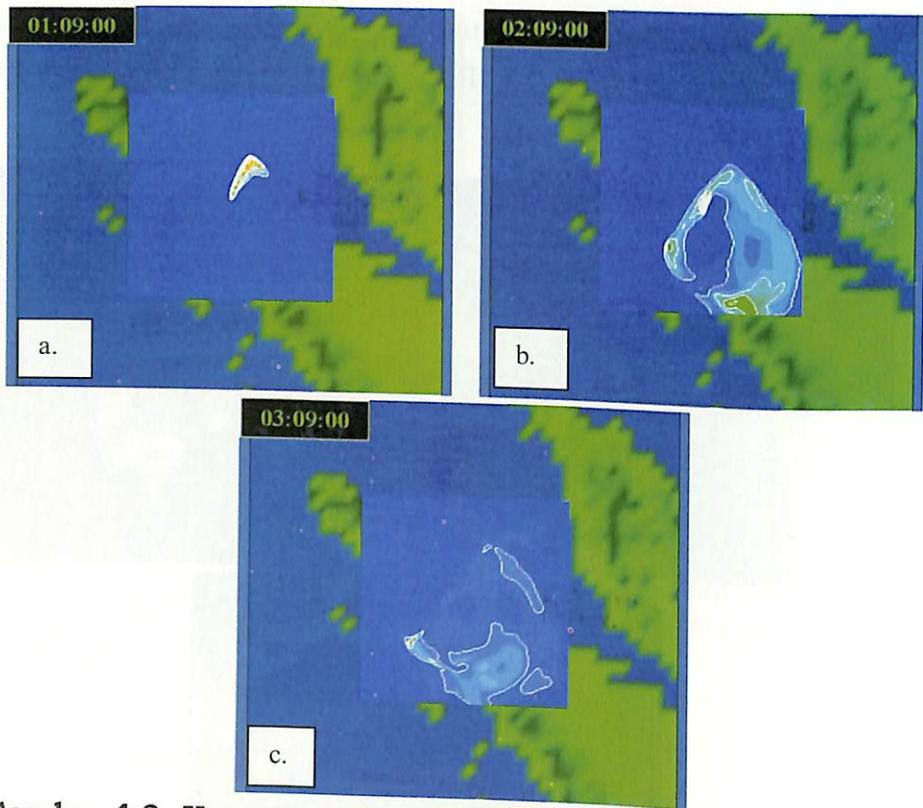
**Gambar 4.1** Konsentrasi a. apm (PM10), b. SO<sub>2</sub> dari letusan Gunung Sinabung pada tanggal 29 Agustus 2010 pada ketinggian 10 meter dari tanah jam 13:00 WIB. Konsentrasi dalam 11 level dari 0 hingga 30 ppb (atau mikrogram/m<sup>3</sup>)

Kotak berwarna biru tua pada Gambar 4.1 adalah sesuai dengan wilayah yang tercakup oleh garis-garis putih (garis-garis grid) pada Gambar 3.2.b.



**Gambar 4.2** Konsentrasi gas SO<sub>2</sub> dari letusan Gunung Sinabung tanggal 4 dan 5 September 2010. Konsentrasi dalam 11 level dari 0 hingga 30 ppb (atau mikrogram/m<sup>3</sup>).

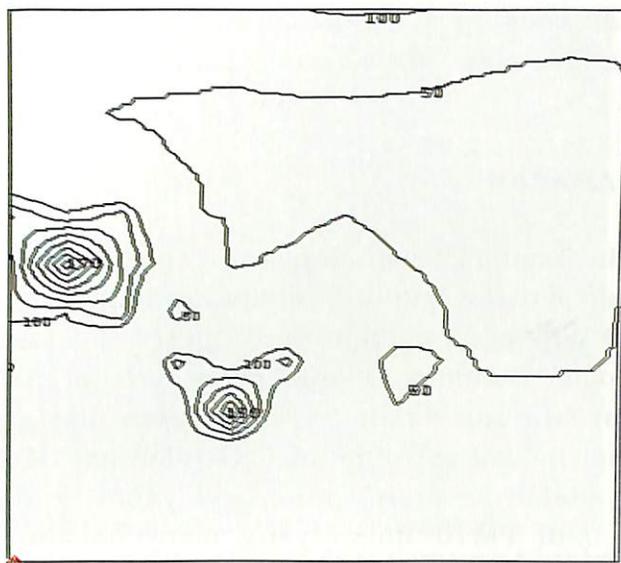
- a. Pada hari pertama tanggal 4 September 2010 pada jam 9:00 waktu lokal
- b. Pada hari kedua tanggal 5 September 2010 pada jam 9:00
- c. Pada hari ketiga (sisa konsentrasi gas SO<sub>2</sub> dari letusan tanggal 4 dan 5 September) yakni tanggal 6 September 2010 pada jam 9:00



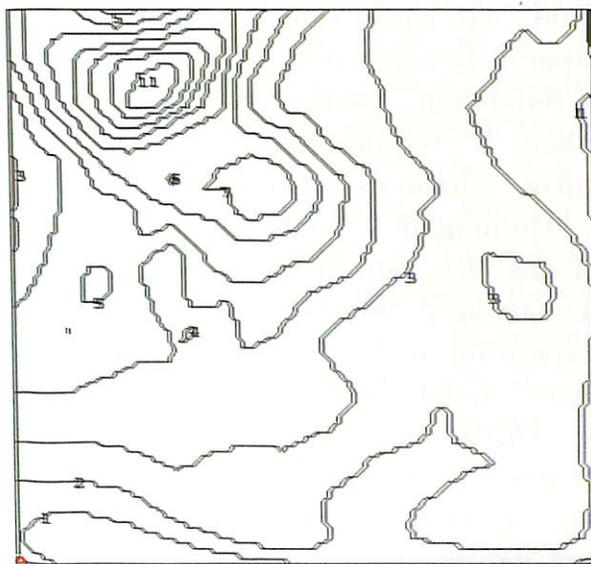
**Gambar 4.3** Konsentrasi apm (PM<sub>10</sub>) dari letusan Gunung Sinabung dari tanggal 4 hingga 6 September 2010 pada ketinggian 10 meter dari tanah. Konsentrasi dalam 11 level dari 0 hingga 30 ppb (atau mikrogram/m<sup>3</sup>).

- Pada hari pertama tanggal 4 September 2010 pada jam 9:00
- Pada hari kedua tanggal 5 September 2010 pada jam 9:00
- Pada hari ketiga (sisa konsentrasi PM<sub>10</sub> dari letusan tanggal 4 dan 5 September) yakni tanggal 6 September 2010 pada jam 9:00

Kotak berwarna biru tua pada gambar 4.2 dan 4.3 adalah sesuai dengan wilayah yang tercakup oleh garis-garis putih (garis-garis grid) pada Gambar 3.2.a.



**Gambar 4.4** Deposisi kering apm (PM10) di Sumatera Utara dan sekitarnya tanggal 29 Agustus 2010 akibat letusan Gunung Sinabung tanggal 29 Agustus 2010. Satuan deposisi kering adalah dalam mikrogram/m<sup>2</sup>



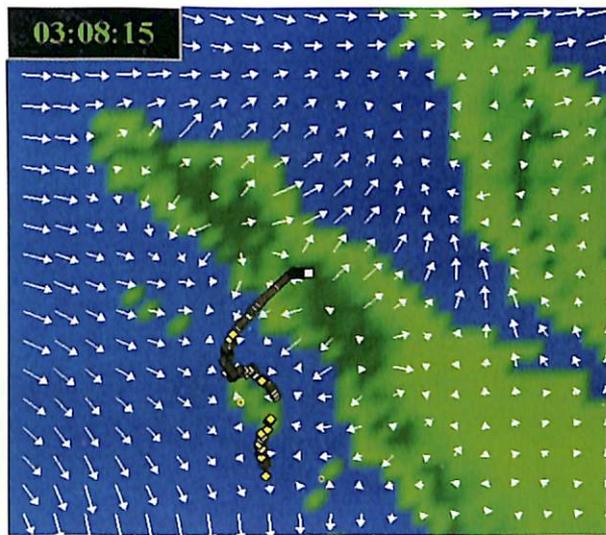
**Gambar 4.5** Deposisi kering SO<sub>2</sub> di Sumatera Utara dan sekitarnya tanggal 29 Agustus 2010 akibat letusan Gunung Sinabung tanggal 29 Agustus 2010. Satuan deposisi kering adalah dalam mikrogram/m<sup>2</sup>

Kotak Gambar 4.4 dan 4.5 adalah sesuai dengan wilayah yang tercakup oleh garis-garis putih (garis-garis grid) pada Gambar 3.1.b.

## **4.2 PEMBAHASAN**

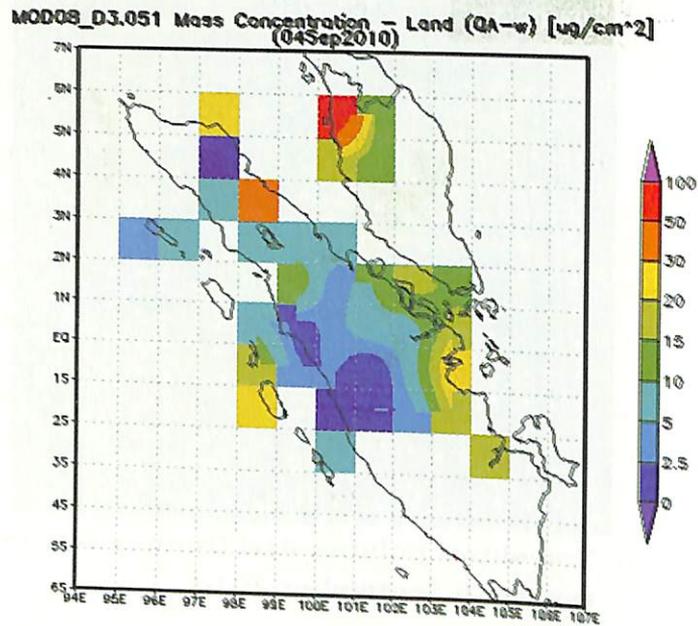
Pada Gambar 4.1 ditampilkan konsentrasi APM(PM10) dan gas SO<sub>2</sub> dari letusan Gunung Sinabung tanggal 29 Agustus 2010 Jam 13:00 WIB pada ketinggian 10 meter dari tanah. Kalau kita melihat posisi Bandara Polonia pada Gambar 3.1 ada di arah Timur Laut Gunung Sinabung. Sedangkan dari gambar 4.1 kita bisa melihat bahwa penyebaran PM10 dan gas SO<sub>2</sub> dari Gunung Sinabung adalah ke arah Timur Laut yakni ke daerah Bandara Polonia. Jadi PM10 inilah yang menyebabkan berkurangnya jarak pandang di Bandara Polonia sesuai dengan berita di Harian Kompas tanggal 29 Agustus 2010.

Gambar 4.2 menampilkan konsentrasi gas SO<sub>2</sub> dari letusan gunung Sinabung tanggal 4 dan 5 September 2010 pada ketinggian 10 meter dari tanah. Pada gambar a ditampilkan konsentrasi gas SO<sub>2</sub> pada hari pertama tanggal 4 September 2010 pada jam 9:00, dari gambar ini terlihat bahwa gas SO<sub>2</sub> menyebar hingga sampai di Bandara Polonia kota Medan (arah Timur Laut Gunungapi Sinabung). Sedangkan pada hari berikutnya yakni pada gambar b terlihat gas SO<sub>2</sub> sudah semakin luas penyebarannya. Kemudian pada hari ke 3, karena untuk sementara Gunungapi Sinabung tidak meletus, maka konsentrasi gas SO<sub>2</sub> pun menjadi sedikit dan penyebarannya tidak seluas hari ke 2, ini dikarenakan sudah terbawa angin ke arah laut seperti ditunjukkan Gambar 4.6 dan juga diduga gas SO<sub>2</sub> sebagian sudah terdeposisi. Demikian juga untuk konsentrasi PM10 menunjukkan pola yang sama dengan konsentrasi gas SO<sub>2</sub> seperti ditunjukkan Gambar 4.3, hanya pada hari ke 3 (gambar c), penyebaran PM10 ternyata lebih luas. Sama halnya dengan gas SO<sub>2</sub>, PM10 juga menyebar ke arah Bandara Polonia, hal ini bisa mengurangi jarak pandang dan navigasi di lapangan terbang Polonia, jadi apa yang ditakutkan manager Merpati Airline yang dimuat pada berita di Kompas tanggal 29 Agustus 2010 terjadi.



**Gambar 4.6** Trayektori polutan dari Gunung Sinabung pada tanggal 6 September 2010

Bila penyebaran PM<sub>10</sub> hasil model ini dibandingkan dengan data dari satelit agak sulit karena tidak tersedianya data konsentrasi atau deposisi PM<sub>10</sub>, yang sedikit mendekati adalah dibandingkan dengan data mass concentration dari sensor modis yang ditumpangkan pada satelit terra dengan resolusi 1x1 derajat. Data ini data harian level 3. Mass concentration adalah kolom massa aerosol dari permukaan sampai puncak atmosfer [Nasa, 2012]. Kalau kita bandingkan Gambar 4.3a (konsentrasi PM<sub>10</sub> tanggal 4 September 2010) dengan Gambar 4.7, maka terlihat bahwa mass concentration di arah Timur Laut Gunungapi Sinabung yakni Bandara Polonia sangat besar (berwarna oranye) yakni sekitar 30 - 50 mikrogram/cm<sup>2</sup> bila dibanding dengan daerah lain di Sumatera adalah yang paling besar, hal ini sesuai dengan arah penyebaran PM<sub>10</sub> yang digambarkan Gambar 4.3a.



**Gambar 4.7 Mass Concentration pada tanggal 4 September 2010**

Sumber: <http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov/daac-bin/G3/results.cgi?wsid>

Pada Gambar 4.4 ditunjukkan deposisi kering apm (PM10) di Sumatera Utara dan sekitarnya akibat letusan Gunungapi Sinabung tanggal 29 Agustus 2010. Dari gambar ini kita bisa melihat bahwa PM10 yang paling besar terdeposisikan bukan di puncak Gunungapi Sinabung. Jika diambil arah Timur Laut dari gunung tersebut tidak jauh dari situ, maka deposisi kering PM10 di kota Medan sekitar 1200 mikrogram/ $\text{m}^2$ .

Pada Gambar 4.5 ditunjukkan deposisi kering  $\text{SO}_2$  di Sumatera Utara dan sekitarnya akibat letusan Gunungapi Sinabung tanggal 29 Agustus 2010. Dari gambar ini juga diketahui bahwa deposisi kering  $\text{SO}_2$  terbesar bukan berada di Puncak Gunungapi Sinabung. Bila dibandingkan Gambar 4.4 dan 4.5 maka dapat ditarik kesimpulan bahwa deposisi PM10 dan gas  $\text{SO}_2$  mempunyai pola yang berbeda, ini diduga karena mempunyai berat molekul yang berbeda.

## 5 KESIMPULAN

Dari simulasi yang dilakukan selama 2 kali yakni tanggal 29 Agustus 2010 dan dari tanggal 4 hingga 6 September 2010, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa penyebaran polutan dari Gunungapi Sinabung pada tanggal 29 Agustus 2010 dan 4 September 2010 mengarah ke Timur Laut yakni ke arah Bandara Polonia, pada tanggal 5 September 2010 penyebaran polutan lebih luas daripada tanggal 4 September 2010, pada hari ke 3 yakni tanggal 6 September 2010 penyebaran gas SO<sub>2</sub> sudah surut sedangkan PM10 masih luas, kemudian deposisi PM10 dan gas SO<sub>2</sub> mempunyai pola yang berbeda.

## DAFTAR RUJUKAN

- Aloysius G.A.E., 2010. Gunung Sinabung Meletus, dalam <http://regional.kompas.com/read/2010/08/29/01452435/Gunung.Sinabung.Meletus>
- Arinto Tri Wibowo, 2010. Debu Sinabung pekat, Merpati tak terbang, dalam <http://nasional.vivanews.com/news/read/174214-debu-sinabung-pekat--merpati-tak-terbang> (diakses Juni 2012).
- Badan Geologi, 2011. Buku data dasar gunung api Indonesia, edisi kedua, Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, p.45.
- Hamish A. McGowan dan Andrew Clark, 2008. A vertical profile of PM10 dust concentrations measured during a regional dust event identified by MODIS Terra, western Queensland, Australia, *Journal of Geophysical Research*, vol. 113, F02S03, 10 PP., 2008 doi:10.1029/2007JF000765.
- Iis S, 2006. Perbedaan mixing height di daerah urban dan rural keluaran The Air Pollution Model (TAPM), Prosiding Seminar Nasional Perubahan Iklim dan Lingkungan di Indonesia, 9 November 2006, Lapan Bandung.
- Lee BK et al., 2006. Analysis of regional and temporal characteristics of PM10 during an Asian dust episode in Korea, *Chemosphere*. 2006 May; 63(7):1106-15. Epub 2005 Nov 9.

- NASA, 2012. Mass Concentration (Land), Data enhanced investigations for climate change education (DICCE) Giovani help page, GES DISC data services, dalam [http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni/additional/users-manual/DICCE\\_Help#mass\\_conc](http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni/additional/users-manual/DICCE_Help#mass_conc) (diakses Agustus 2012). (diakses Juni 2012).
- Peter J. Hurley, 2005. The Air Pollution Model (TAPM) Version 3. Part1: Technical Description, Atmospheric Research Technical Paper 71, Csiro.
- Sumaryati, 2006. Efek Gedung terhadap disperse polutan udara dari industri, Prosiding Seminar Nasional Perubahan Iklim dan Lingkungan di Indonesia, 9 November 2006, Lapan Bandung.

### **Acknowledgement**

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Ibu Sumaryati dan Ibu Iis Sofiati atas diskusi yang diberikan mengenai tapm dan kepada Bapak Saipul Hamdi yang telah memberikan data meteorologi yang telah dibeli LAPAN dari Csiro tahun 2010 untuk TAPM.